# COMPTES RENDUS

## DES SÉANCES

## DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

### SÉANCE DU LUNDI 5 FÉVRIER 1883.

PRÉSIDENCE DE M. É. BLANCHARD.

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

### DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ASTRONOMIE. — *Sur la constitution physique et mécanique du Soleil* [troisième et dernière Partie ([1])]; par M. FAYE.

« Nous avons vu que les taches et les pores engloutissent l'hydrogène de la chromosphère et l'entraînent à de grandes profondeurs. Que devient cet hydrogène?

» Mais, d'abord, est-il possible de mesurer la profondeur des taches? Si le noyau noir des taches se trouve à une profondeur sensible au-dessous

([1]) La figure que l'Académie m'a permis de placer dans la Note précédente, page 297, contient une faute que j'ai oublié de corriger. La pénombre, indiquée par deux lignes pointillées et inclinées sur la section verticale, ne doit pas se raccorder avec la photosphère représentée par deux lignes pointillées horizontales; elle est située au-dessous de la photosphère; elle ne s'y rattache que par les extrémités grêles et assombries de ses nuages allongés en lignes divergentes. Le dessinateur a omis de placer quelques points noirs à l'intersection des deux trombes, sur la section verticale, pour indiquer que des nuages lumineux se sont glissés là et y ont formé un pont lumineux beaucoup mieux visible sur la projection horizontale.

de la photosphère, il doit en résulter, dans le mouvement de ces taches, tel que nous le mesurons en observant chaque jour les coordonnées du centre du noyau et en les calculant comme si ce point se trouvait sur la photosphère, une inégalité périodique proportionnelle à la fois à la profondeur et à la tangente trigonométrique de la distance angulaire de ce point au centre du disque solaire. J'ai fait voir que cette inégalité existe réellement. Quand on en tient compte, les mouvements des taches apparaissent avec une régularité remarquable. Le P. Secchi pensa que cette inégalité devait être attribuée, non pas à une sorte de parallaxe due à la profondeur, mais aux réfractions produites par une vaste atmosphère dont il persistait à entourer le Soleil. La formule algébrique de l'inégalité serait, en effet, la même dans les deux cas. Pour trancher la question, il institua une série d'observations très ingénieuses sur les deux orifices circulaires de taches bien conformées. Le résultat montra que la réfraction solaire est insensible, et il fut définitivement établi que la profondeur *moyenne* des taches est bien $\frac{1}{200}$ du rayon solaire, environ 870 lieues. La théorie cyclonique des taches m'a fait voir, plus tard, que ce qui limite le noyau, c'est-à-dire le bord inférieur du tronc de cône de la pénombre, n'appartient pas au tourbillon, mais seulement à sa gaine lumineuse. L'observation et le calcul ne donnent donc que la profondeur à laquelle atteint cette gaine. Celle du tourbillon doit être bien plus grande ([1]).

» Cette puissance de pénétration n'est pas particulière au Soleil; nous la retrouvons à un haut degré dans notre atmosphère. Un cyclone ou un tornado qui ouvre son embouchure dans la région des cirrhus, à une hauteur de $7000^{m}$ à $8000^{m}$, descend verticalement jusqu'au sol; si, dans sa course, il rencontre une vallée profonde, il descend encore jusqu'à ce qu'il touche ce nouveau sol sur lequel il travaille avec la même force que sur un plateau élevé. Si le sol se trouvait encore plus bas que celui de la vallée, le tornado descendrait lui-même plus bas encore ([2]); il n'est arrêté que par cet obstacle.

» Sur le Soleil, l'obstacle n'est pas le sol : c'est bien certainement la légèreté spécifique des gaz entraînés dans des couches de plus en plus denses, jusqu'au complet épuisement du travail mécanique dont le tourbillon est capable.

---

([1]) Pour la déterminer, il faudrait observer, non le centre du noyau, mais le centre du trou noir de Dawes. C'est ce qui n'a jamais été fait.

([2]) A moins que sa vitesse interne de gyration ne vînt à faiblir.

» Le tube de la trombe doit finir par s'évaser et laisser échapper tangentiellement ces gaz comprimés, mais toujours plus légers que le milieu ambiant. Il faut donc qu'ils remontent tumultueusement à la surface, tout autour de la trombe.

» Dans nos cyclones et tornados, qui n'engloutissent que de l'air et non pas un gaz spécifiquement plus léger que l'air, cet air arrivé en bas possède la densité même du milieu ambiant, à peu de chose près ([1]); il n'a donc qu'une bien faible tendance ascensionnelle. L'équilibre atmosphérique se rétablit de tout autre façon que par le retour vers les hautes régions de l'air lâché en bas par la trombe. On voit qu'il en doit être autrement pour le Soleil où le gaz entraîné est de l'hydrogène. Ce gaz, surchauffé en outre dans les basses régions, remontera bien au-dessus de son point de départ, au-dessus de la chromosphère, c'est-à-dire dans le vide presque complet de la région coronale, donnant lieu ainsi à cette étonnante apparition des protubérances lumineuses que la belle découvèrte de MM. Janssen et Norman Lockyer nous permet d'étudier chaque jour autour du Soleil.

» Cet hydrogène retourne manifestément à la chromosphère. On le voit soùvent retomber sur elle sous diverses formes, quelquefois en langues de feu figurant une sorte de pluie; d'autres fois d'un mouvement d'ensemble, comme par un affaissement lent. Or la chromosphère qui reçoit sans cesse les matériaux de ces protubérances ne change pas sensiblement de niveau. C'est donc bien d'une circulation verticale de l'hydrogène qu'il s'agit ici, circulation dont les organes moteurs sont les gyrations de toute grandeur de la photosphère.

» Revenons à la phase ascendante et considérons une tache normale. L'hydrogène, abandonné en bas par le tourbillon, s'élèvera tout autour de son entonnoir. En traversant la photosphère, il rencontrera l'obstacle des nuages floconneux qui la composent et les soulèvera un peu au-dessus de leur niveau habituel. Tamisé par leurs interstices, il entraînera avec lui une partie des vapeurs métalliques dont les flocons sont baignés. De là deux sortes de phénomènes. D'abord, sur la bordure d'une tache, la photosphère soulevée paraîtra plus brillante, parce qu'elle dépassera en cet endroit les couches les plus basses et les plus absorbantes de la chromosphère. Il se formera une facule ([2]). En second lieu, le spectre de la protubérance

---

([1]) A moins qu'il ne s'agisse d'une trombe née dans un courant supérieur privé de cirrhus ou de vésicules aqueuses à basse température. C'est le cas des ouragans de sable ou de poussière, ou des coups de fœhn.

([2]) Si l'embouchure du tourbillon a un peu d'avance sur la partie inférieure, si son axe

s'enrichira de raies brillantes répondant aux vapeurs métalliques très raréfiées que l'hydrogène aura entraînées avec lui.

» On poursuit ici, jusque dans les facules et les protubérances, la différence des moteurs qui les produisent. Autour des taches qui, sans doute, pénètrent encore plus bas que les pores, l'ascension de l'hydrogène sera plus violente qu'autour des pores. Ceux-ci néanmoins opèrent par leur nombre et produisent aussi des facules et des protubérances; mais les facules seront moins marquées, les protubérances seront plus diffuses et bien moins riches en vapeurs métalliques. De là la distinction entre les protubérances quiescentes produites par les pores, même dans les régions polaires, et les protubérances éruptives ou métalliques, qu'on ne voit jamais aux pôles. Les premières se renouvellent longtemps, grâce aux pores qui se succèdent sans interruption; les secondes disparaissent avec les taches qui les ont produites; on n'en rencontre jamais hors des limites extrêmes assignées aux taches, non plus qu'aux époques de minima.

» Telle est l'explication que j'ai donnée, il y a de longues années, de ces phénomènes en apparence si disparates, taches, facules et protubérances, soumis à la même loi de périodicité. On voit le lien qui existe entre eux et comment ils dépendent d'une cause mécanique unique, la rotation toute spéciale de la photosphère.

» Il y a pourtant ici quelques singularités qui exigent une discussion spéciale : un fait d'abord, savoir l'énorme hauteur à laquelle atteignent ces protubérances; ensuite une illusion, savoir les vitesses de 40, 80, 120 lieues par seconde, avec lesquelles elles semblent se développer.

» Voici ce que j'ai à dire sur le premier point. Lorsque l'hydrogène, montant tumultueusement à travers les obstacles mobiles de la photosphère, a franchi la dernière couche en vertu de la vitesse acquise par sa surchauffe, il s'élance dans le vide presque absolu qui règne au delà de la chromosphère et se dilate prodigieusement dans ce vide. Mais, au lieu d'être sollicité en sens inverse par la seule pesanteur, il subit immédiatement à sa sortie la répulsion solaire, force que la figure des comètes a mise en évidence ([1]) et qui, dans certains cas, peut l'emporter sur l'attraction

---

est plus ou moins incliné, la facule qui entoure la tache sur la photosphère sera rejetée un peu en arrière (à l'est pour l'observateur). C'est ce qui arrive effectivement; les astronomes de Kew ont mis le fait hors de doute.

([1]) Voyez ma Notice *Sur la figure des Comètes*, dans l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* pour 1883.

et chasser au loin des matériaux réduits à une extrême ténuité. Dès lors le développement que prennent, en hauteur surtout, ces jets d'hydrogène excessivement raréfié n'a plus rien qui doive surprendre; la pesanteur réduite par la force répulsive de la photosphère, que celle-ci soit due à l'incandescence de la surface ou à son état électrique, n'oppose plus un obstacle infranchissable à cette ascension verticale dans le vide.

» Quant à l'illusion de ces vitesses fabuleuses, en voici, je crois, l'explication fort simple. Par son expansion même, cet hydrogène, parvenu dans la région de la couronne, se refroidit et cesse d'être incandescent. Il est alors invisible au spectroscope, du moins dans les premiers moments de son ascension. Peu à peu, rapidement même, l'énorme radiation calorifique de la photosphère lui restitue la chaleur perdue, en commençant par le bas de la protubérance nouvellement formée. Les raies lumineuses de l'hydrogène reparaissent çà et là. La visibilité de la protubérance se propage rapidement vers le haut, et le spectroscopiste qui, à midi par exemple, n'a vu que les parties inférieures de la protubérance, n'a qu'à revenir à $1^h$ ou même à midi et demi pour l'apercevoir en entier. S'il prend alors cette propagation du réchauffement pour un transport effectif des matériaux de bas en haut, il conclura aux vitesses fabuleuses dont nous venons de parler [1].

» La théorie que je viens d'esquisser est essentiellement mécanique. Elle a montré sa fécondité en donnant l'explication claire et simple de tous les mouvements que nous observons sur le Soleil, et elle se prolonge pour ainsi dire dans la Météorologie, car on retrouve sur le globe terrestre, jusque dans les moindres détails des grands mouvements tournants de l'atmosphère, tout le mécanisme des mouvements du Soleil. On voit par là le rôle considérable que les gyrations à axe vertical jouent dans l'univers. C'est une branche toute nouvelle de la Science qui commence à se révéler à nous. Mais, sous le rapport physique et chimique, il reste encore, malgré les progrès de l'analyse spectrale, beaucoup de points d'interrogation. Quelle est la substance qui forme les nuages de la photosphère? Est-ce

---

(1) Il arrive parfois que, dans le spectre d'une protubérance ou d'une tache, une ou deux raies de l'hydrogène présentent des distorsions et des épanouissements brusques à droite ou à gauche, ou bien à la fois vers les deux extrémités du spectre. Cela ne veut pas dire qu'une partie de l'hydrogène se meut vers l'observateur, et qu'une autre partie s'en éloigne avec les vitesses fabuleuses que nous avons citées plus haut. Il faudrait *au moins*, pour cela, que les raies des autres gaz ou vapeurs intimement mêlés à l'hydrogène présentassent les mêmes épanouissements, ce qui n'a pas lieu.

par voie de combinaison chimique ou par simple condensation des vapeurs de corps simples que les nuages se forment continuellement pour retomber ensuite en pluie vers l'intérieur?

» Dans le second cas, la température de la photosphère, sur laquelle les plus habiles physiciens n'ont pu se mettre d'accord, doit être inférieure au point d'ébullition de cette substance et supérieure à celui des métaux dont les vapeurs baignent ces nuages, marquant partout leur présence par les raies noires de la photosphère.

» Dans le premier cas, auquel ma pensée s'arrête plus aisément, bien que je me serve indifféremment des mots de *condensation* et de *dissociation*, une certaine substance abondante dans la nature (j'ai cité plusieurs fois la magnésie uniquement pour fixer les idées) doit se trouver, à l'intérieur, dans un état complet de dissociation, tandis que la température beaucoup plus basse de la photosphère se prêterait à la combinaison de ses éléments, à la formation d'un ou plusieurs de ces oxydes terreux réfractaires qui abondent autour de nous, et forment le substratum géologique le plus général. Le peu de densité moyenne de nos planètes et leur aplatissement montrent que ces oxydes terreux, très abondants dans les aérolithes, doivent en former la base principale. D'ailleurs le Soleil n'appartient pas à la classe des étoiles les plus chaudes, sur lesquelles aucune combinaison ne paraît pouvoir se former. Mais alors comment se fait-il que l'oxygène n'apparaisse jamais au spectroscope, ni par des raies noires dans la photosphère ni par des raies brillantes dans la chromosphère ou les protubérances? Pour moi, je pense que les vapeurs métalliques très rares que l'hydrogène ascendant enlève jusque dans la froide chromosphère et bien au-dessus dépouillent incessamment cette couche de l'oxygène qui tendrait à s'y diffuser [1]. Ces vapeurs sont bien trop rares pour former des nuages éclatants par leur combinaison avec l'oxygène : elles n'engendreront qu'une sorte de poussière impalpable qui encombrera les régions basses de la chromosphère en lui communiquant, suivant une vue très juste de M. le professeur Hastings, le remarquable pouvoir d'extinction qu'elle manifeste pour les rayons de toute réfrangibilité. Cette poussière rare d'oxydes métalliques, incapable d'illuminer sensiblement la chromosphère, retomberait sur la photosphère dont la température serait déjà supérieure à celle de leur combinaison; elle la traverse-

---

[1] Ce serait un excellent moyen de faire le vide que de lancer dans un milieu raréfié d'oxygène pur quelque vapeur métallique comme celles du sodium ou de potassium.

rait plus ou moins rapidement et ne tarderait pas à se dissocier complètement dans son intérieur ou un peu plus bas, et l'on comprendrait alors que l'oxygène en excès dans la photosphère s'y révélât par des raies brillantes, comme le veut M. H. Draper.

» On voit, par ces dernières réflexions, que si la théorie mécanique de la constitution du Soleil a trouvé des bases certaines, il nous reste beaucoup à apprendre dans le domaine déjà si riche de la Physique et de la Chimie solaires. »

M. **G.-A. Hirn**, en adressant à l'Académie une brochure intitulée « Réfutations d'une seconde critique de M. G. Zeuner », qu'il vient de publier avec M. O. Hallauer, accompagne cet envoi de l'analyse suivante :

« L'année dernière, à la même époque, M. Hallauer et moi, nous avons présenté à l'Académie une Notice extraite des *Bulletins de la Société industrielle de Mulhouse*, dans laquelle nous répondions à une critique faite par M. Zeuner, des travaux des Ingénieurs alsaciens sur la machine à vapeur depuis 1851. Nous pensions avoir réfuté, chacun dans la forme qui lui est habituelle, les objections de notre savant critique et nous pouvions croire la discussion close. Il n'en est pas ainsi pourtant. M. Zeuner vient d'insérer dans *l'Ingénieur civil*, qui paraît à Leipzig, une nouvelle critique encore plus vive que la première, à laquelle nous nous sommes mis en devoir de répondre immédiatement. C'est cette réponse, parue aussi aux *Bulletins de la Société de Mulhouse* et tirée à part, que j'ai l'honneur de présenter aujourd'hui à l'Académie des Sciences. Toutes les pièces de ce débat, écrites ou traduites en français, se trouvent dans la librairie ; elles sont ainsi à la portée des personnes qui s'intéressent aux progrès des moteurs thermiques ou à ceux de la Physique mathématique. Au lieu donc de donner dans cette Note, et selon l'usage reçu, un aperçu de la critique de M. Zeuner et de notre réponse, je mettrai en relief le fond seulement de la première, me gardant de parler de la forme absolument insolite qu'elle affecte, et je présenterai, quant à notre réponse, quelques remarques qu'au contraire nous n'y avons pas développées.

» Dans sa critique de 1881 et, sous une forme plus précise, dans sa nouvelle critique de 1882, M. Zeuner donne quatre équations fondamentales, qui, d'après lui, devront servir désormais de base à la théorie des machines à vapeur. Je les reproduis intégralement ici, pour les discuter,

après y avoir introduit une très légère modification, dont je donne la clef en note [1] :

$$\text{(I)} \quad Q_a + G_0(q_1 - q_0) = G(\lambda - q_1) + m_0\rho_0 - m_1\rho_1 - L_a - Q'_v,$$

$$\text{(II)} \quad -Q_b - G_0(q_1 - q_2) = G(q_1 - q_2) + m_1\rho_1 - m_2\rho_2 - L_b - Q''_v,$$

$$\text{(III)} \quad Q_c + G_0(q_2 - q_3) = G_i(q_4 - q_i) - G(q_2 - q_4) + m_3\rho_3 - m_2\rho_2 - L_c,$$

$$\text{(IV)} \quad Q_d + G_0(q_3 - q_0) = m_0\rho_0 - m_3\rho_3 + L_d.$$

» Voici la signification des diverses lettres :

G, dépense, par coup de piston, de vapeur et d'eau entraînée en poussière ;
$m_1$, quantité de vapeur présente au cylindre à la fin de l'admission ;
$m_2$, quantité de vapeur présente au cylindre à la fin de la détente ;
$m_0$, quantité de vapeur présente au cylindre au moment de la fermeture du tiroir de sortie ;
$m_3$, quantité de vapeur présente après le refoulement et au moment où s'ouvre le tiroir d'admission ;
$G_i$, quantité d'eau injectée au condenseur ;
$G_0$, *quantité d'eau en provision constante du cylindre d'après M. Zeuner ;*
$Q_a$, $Q_b$, $Q_c$, $Q_d$ quantités de chaleur : cédée aux parois pendant l'admission, cédée par les parois pendant la détente, cédée par les parois pendant la condensation, reprise par les parois pendant la compression finale ;
$L_a$, $L_b$, $L_c$, $L_d$, quantités de chaleur représentées : par le travail de l'admission, de la détente, de l'expulsion au condenseur, de la compression finale ;
$Q'_v$, $Q''_v$, quantités de chaleur perdues par les parois externes du cylindre : pendant l'admission et pendant la détente ;
$\lambda$, chaleur totale d'évaporation de $1^{kg}$ d'eau à la pression de la chaudière ;
$\rho_1$, $\rho_2$, $\rho_0$, $\rho_3$, quantités de chaleur représentées (par kilogramme de vapeur) par : le travail

---

[1] Les équations de M. Zeuner se trouvent, dans ses deux Mémoires, sous la forme

$$\text{(I)} \quad L_a + Q_a + Q'_v = G\lambda + G_0(q_0 + x_0\rho_0) - (G + G_0)(q_1 + x_1\rho_1),$$

$$\text{(II)} \quad L_b - Q_b + Q''_v = (G + G_0)(q_1 + x_1\rho_1) - (G + G_0)(q_2 + x_2\rho_2),$$

$$\text{(III)} \quad L_c + Q_c = G q_4 + G_i(q_4 - q_i) + G_0(q_3 + x_3\rho_3) - (G + G_0)(q_2 + x_2\rho_2),$$

$$\text{(IV)} \quad L_d - Q_d = G_0(q_0 + x_0\rho_0) - G_0(q_3 + x_3\rho_3).$$

$x$ avec ses divers indices désigne le poids relatif de vapeur qui se trouve dans le mélange G ou $(G + G_0)$. J'ai posé

$$(G + G_0)x_1 = m_1, \quad (G + G_0)x_2 = m_2,$$
$$G_0 x_0 = m_0, \quad G_0 x_3 = m_3,$$

parce que les diagrammes, à l'aide des pressions $p_1$, $p_2$, $p_3$, $p_0$ qu'ils donnent, permettent de calculer la densité $\delta$ et par suite la masse $m$ de la vapeur, et nullement G ou $G_0$.

interne à la fin de l'admission, à la fin de la détente, au commencement de la compression, à la fin de la compression;

$q_i, q_4, q_1, q_2, q_0, q_3$, quantités de chaleur de 1kg d'eau : 1° d'injection, 2° de condensation, 3° présente au cylindre à la fin de l'admission, 4° à la fin de la détente, 5° au commencement de la compression, 6° à la fin de la compression. Quantités répondant aux températures $t_i, t_4, t_1, t_2, t_0, t_3$.

» J'ai réuni, dans le membre gauche, les termes inconnus $G_0$ et Q avec ses divers indices *a*, *b*, *c*, *d*. En désignant par $V_0$ le volume des espaces perdus; par $V_1$ celui qu'engendre le piston pendant la période d'admission; par $V_2$ le volume engendré par la détente; par $V_3$ le volume existant du côté de la face opposée du piston au moment de la fermeture du tiroir d'échappement, et par $\delta$ les poids du mètre cube de vapeur répondant aux quatre périodes indiquées par les indices, on a évidemment

$$m_1 = (V_0 + V_1)\delta_1, \quad m_2 = (V_0 + V_2)\delta_2,$$
$$m_0 = (V_0 + V_3)\delta_0, \quad m_3 = V_0\delta_3,$$

et les quatre équations deviennent

$$\text{(I)} \quad \begin{cases} Q_a + G_0(q_1 - q_0) \\ \quad = G(\lambda - q_1) + \rho_0\delta_0(V_0 + V_3) - \rho_1\delta_1(V_0 + V_1) - L_a - Q'_v, \end{cases}$$

$$\text{(II)} \quad \begin{cases} -Q_b - G_0(q_1 - q_2) \\ \quad = G(q_1 - q_2) + \rho_1\delta_1(V_0 + V_1) - \rho_2\delta_2(V_0 + V_2) - L_b - Q''_v, \end{cases}$$

$$\text{(III)} \quad \begin{cases} Q_c + G_0(q_2 - q_3) \\ \quad = G_i(q_4 - q_i) - G(q_2 - q_4) + \rho_3\delta_3 V_3 - \rho_2\delta_2(V_0 + V_2) - L_c, \end{cases}$$

$$\text{(IV)} \quad Q_d + G_0(q_3 - q_0) = \rho_0\delta_0(V_0 + V_3) - \rho_3\delta_3 V_3 + L_d.$$

» Deux questions se posent d'elles-mêmes au sujet de ces équations.

I. Ces équations répondent-elles effectivement aux exigences d'une théorie proprement dite de la machine à vapeur? Ne sont-elles pas bien plutôt l'expression littérale de ce que j'ai appelé depuis longtemps la *Théorie expérimentale* ou *pratique* de la machine?

» Étant donnée une machine arrivée à son état de régime stable de pression, de vitesse, de température, de détente, on connaît par l'observation directe la pression de la chaudière, la température de l'eau d'injection au condenseur, les volumes engendrés par le piston pendant l'admission et pendant la détente. Nous pouvons supposer comme connus aussi : 1° la quantité $G_i$ d'eau injectée, déterminée d'après la méthode que j'ai indiquée dès l'origine de mes travaux; 2° le rapport, supposé stable, du poids

de la vapeur et de celui de l'eau en poussière qu'emporte cette vapeur, rapport déterminé aussi d'après la méthode expérimentale, des plus délicates d'ailleurs, que j'ai fait connaître dans le temps. Si nous possédions une théorie réelle de la machine à vapeur, il est évident qu'avec les seuls éléments que je viens de désigner, nous serions à même de déterminer *a priori* et sans aucune expérience : 1° la dépense totale G par coup de piston ; 2° le travail total $L_i$ par coup de piston ; 3° tous les détails $L_a$, $L_b$, $L_c$, $L_d$ de ce travail ; 4° la température de l'eau de condensation. — Nous sommes bien loin de là pourtant, et pour ne citer que deux termes essentiels, nous ne sommes pas sûrs, à 40 pour 100 près, de la dépense G et à 20 pour 100 près du travail total $L_i$. C'est ce que savent toutes les personnes qui ont suivi avec attention les travaux exécutés en Alsace depuis ces vingt-cinq dernières années, et, je l'ajoute avec satisfaction, c'est ce qu'ont démontré les expériences exécutées récemment sur une très grande échelle, d'après nos méthodes, en Amérique et en Angleterre.

» En examinant les choses d'un peu près, on reconnaît aisément que sur les quatorze termes :

$$G,\ m_1,\ m_2,\ m_0,\ m_3,\ (q_1, \rho_0),\ (q_1, \rho_1),\ (q_2, \rho_2),\ (q_3, \rho_3),\ q_4,\ L_a,\ L_b,\ L_c,\ L_d,$$

il n'y en a pas un seul qui puisse se calculer avec quelque précision *a priori*. Tous réclament l'expérience dans chaque cas particulier et sous sa forme la plus délicate, la plus précise. La valeur de G demande des pesées, faites pendant des journées entières, de l'eau d'alimentation, car la dépense $m_1$ en vapeur, pendant l'admission, diffère toujours, et parfois énormément, de la valeur qu'on obtiendrait en multipliant $(V_0 + V_1)$ par la densité de la vapeur dans la chaudière. La détermination des termes $q$, $\rho$, L, $\delta$, avec leurs divers indices, ne peut s'obtenir qu'à l'aide de diagrammes relevés, un grand nombre de fois par jour, avec un excellent indicateur Watt : diagrammes qui, en nous donnant la pression répondant à chaque période, nous permettent, à l'aide des équations de la Thermodynamique, de calculer la densité, la chaleur du travail interne, etc., correspondants. Les membres droits tout entiers de ces quatre équations sont en un mot des résultats de l'expérience *a posteriori*, et ils peuvent en conséquence s'écrire sous la forme

$$\text{(I)} \qquad Q_a + a' G_0 = A,$$

$$\text{(II)} \qquad Q_b + b' G_0 = B,$$

$$\text{(III)} \qquad Q_c + c' G_0 = C,$$

$$\text{(IV)} \qquad Q_d + d' G_0 = D,$$

ces sommes échappant par leur nature même à toute détermination *a priori*. Quant aux membres gauches, pris dans leur ensemble, il est évident par soi-même que jamais ils ne pourront relever d'un calcul *théorique*, ou *a priori*. Tels que M. Zeuner les a établis par son analyse, ils constituent de plus des indéterminées, puisque nous avons cinq inconnues pour quatre équations et que pour le moment l'expérience elle-même ne peut nous faire connaître les valeurs exactes du rapport de $Q_{(a,b,c,d)}$ à $G_0(a',b',c',d')$ [1]. Toutefois l'analyse des résultats expérimentaux obtenus jusqu'ici nous montre déjà que, pour toutes les machines essayées par les Ingénieurs alsaciens, la valeur de $G_0$, contrairement à l'assertion de M. Zeuner, est très petite. Tandis qu'on peut sans erreur sensible écrire $G_0 = m_0$, ce qui conduit pour le produit $m_0(a',b',c',d')$ à une valeur insignifiante, on ne peut, au contraire, supposer nulle l'action des parois et poser $Q = 0$, car on obtient alors pour $G_0$ autant de valeurs différentes que d'équations, ce qui réfute l'hypothèse d'une provision *constante* d'eau dans les espaces perdus. A un point de vue pratique, nous pouvons dire que si jamais $G_0$ prend une valeur réelle notable, ce sera l'indice d'une machine mal conditionnée.

» Les quatre équations de M. Zeuner ne sont en définitive autre chose que l'expression littérale et algébrique de ce que j'ai appelé la *Théorie expérimentale* ou *pratique*. »

## CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Un Opuscule de M. *Ph. Gilbert*, intitulé « Sur une transformation des équations de l'Hydrodynamique ». (Extrait des *Annales de la Société scientifique de Bruxelles*, 1883.)

2° Le numéro de mars 1882 du *Bullettino* publié par M. le prince *Bon-*

---

(1) On pourrait penser que, en faisant varier le degré de compression finale par le réglage des tiroirs d'échappement, on arriverait à l'aide de deux expériences à deux équations

$$Q'_d + d' G_0 = D',$$
$$Q''_d + d'' G_0 = D'',$$

d'où l'on tirerait $G_0$. Mais ce serait là une erreur; car toute variation dans le réglage des tiroirs amène forcément un changement dans la valeur de $Q_d$ et par conséquent de $G_0$ même. On arriverait ainsi toujours à avoir une inconnue de plus qu'il n'y aurait d'équations.

*compagni*. Ce numéro est consacré à deux Traités inédits d'abacus, du XII^e siècle, publiés d'après les manuscrits 2123 et 5327 de la Bibliothèque du Vatican, avec une introduction de M. *Narducci*.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur la représentation sphérique des surfaces.* Note de M. G. DARBOUX.

« Dans une série de Communications, je me suis occupé du problème de Géométrie infinitésimale qui a pour objet la détermination de toutes les surfaces ayant une représentation sphérique donnée. L'année dernière, je me suis contenté de traiter le cas où les images sphériques des lignes de courbure forment un système orthogonal et isotherme, parce que l'étude de cette hypothèse particulière conduit à des problèmes d'Analyse du plus grand intérêt. Mais la méthode que j'ai suivie est applicable aux systèmes orthogonaux les plus généraux, et je vais montrer comment elle conduit à la solution complète du problème de la représentation sphérique, toutes les fois que cette solution peut être obtenue en termes finis.

» Considérons une surface quelconque $(\Sigma)$ comme l'enveloppe d'un plan défini par l'équation

$$(1) \qquad (x+y)X + (1-xy)Y + i(1+xy)Z - P = 0,$$

où X, Y, Z désignent les coordonnées courantes, $x$, $y$ deux variables indépendantes pouvant prendre toutes les valeurs possibles, et P une fonction quelconque de ces variables. L'équation de la surface s'obtiendrait en éliminant $x$, $y$ entre l'équation (1), et celles qu'on lui adjoint en prenant les dérivées successivement par rapport à $x$ et à $y$. Il est aisé, du reste, de donner la signification géométrique des variables $x$ et $y$. Ce sont les coordonnées imaginaires symétriques du point où une sphère de rayon 1 est rencontrée par la parallèle, menée par son centre, à la normale de la surface $(\Sigma)$.

» Ces variables ont déjà été employées par M. O. Bonnet, dans son beau Mémoire *Sur l'emploi d'un nouveau système de variables dans l'étude des propriétés des surfaces courbes*, et nous devons à M. Bonnet ce résultat élégant, que l'équation différentielle des lignes de courbure de la surface $(\Sigma)$ prend la forme

$$(2) \qquad dp\,dx - dq\,dy = 0,$$

où $p$ et $q$ désignent, suivant l'usage, les dérivées partielles de P par rapport à $x$ et à $y$.

» Si nous désignons de même par $r$, $s$, $t$ les dérivées secondes de P, l'équation (2) peut aussi s'écrire

$$r\,dx^2 - t\,dy^2 = 0.$$

» Par suite, si $\alpha$, $\beta$ désignent les paramètres des lignes de courbure, on aura

$$\frac{\partial x}{\partial \alpha} = \lambda \frac{\partial y}{\partial \alpha}, \quad \frac{\partial x}{\partial \beta} = -\lambda \frac{\partial y}{\partial \beta}, \tag{3}$$

$\lambda$ étant égal à la racine carrée de $\frac{t}{r}$.

» Comparant les équations (3) à l'équation (2), on voit que l'on aura aussi

$$\frac{\partial q}{\partial \alpha} = \lambda \frac{\partial p}{\partial \alpha}, \quad \frac{\partial q}{\partial \beta} = -\lambda \frac{\partial p}{\partial \beta}. \tag{4}$$

» Il est d'ailleurs aisé de reconnaître que, toutes les fois que les équations (3) et (4) seront satisfaites, il en sera de même de l'équation

$$\frac{\partial p}{\partial \alpha}\frac{\partial x}{\partial \beta} - \frac{\partial p}{\partial \beta}\frac{\partial x}{\partial \alpha} + \frac{\partial q}{\partial \alpha}\frac{\partial y}{\partial \beta} - \frac{\partial q}{\partial \beta}\frac{\partial y}{\partial \alpha} = 0,$$

qui exprime que $p$ et $q$ sont les dérivées partielles d'une même fonction.

» Cela posé, supposons qu'il s'agisse de trouver les surfaces ayant une représentation sphérique donnée. Alors $x$ et $y$ devront être considérées comme des fonctions données de $\alpha$ et de $\beta$. Les équations (3) seront compatibles et nous feront connaître la valeur de $\lambda$. Pour trouver la surface, c'est-à-dire pour déterminer P, il suffira de résoudre les équations (4) et, les valeurs de $p$, $q$ une fois obtenues, on en déduira P par une quadrature.

» Or l'intégration du système (4) se ramène aisément à celle de l'équation

$$\frac{\partial^2 Z}{\partial \alpha\, \partial \beta} = \frac{Z}{\sqrt{\lambda}} \frac{\partial^2 (\sqrt{\lambda})}{\partial \alpha\, \partial \beta}, \tag{5}$$

et, si Z est une solution de cette équation, on aura

$$p = \frac{Z}{\sqrt{\lambda}},$$

et $q$ s'obtiendra par une quadrature.

» On sait que M. Moutard a étudié les équations aux dérivées partielles de la forme que nous venons de rencontrer. Les importantes propositions qu'il a fait connaître nous conduisent à la conclusion suivante :

» *On peut obtenir tous les cas dans lesquels le problème de la représentation sphérique est susceptible d'une solution en termes finis.*

» *Toutes les fois que le problème de la représentation sphérique aura été résolu d'une manière quelconque pour un système de courbes orthogonales, on pourra déduire de la solution obtenue celle qui se rapporte à toute une suite illimitée de systèmes sphériques orthogonaux.*

» Les premiers cas d'intégrabilité se rapportent, comme je l'ai indiqué il y a déjà longtemps, aux surfaces dont les lignes de courbure sont planes dans un système. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions satisfaisant à l'équation* $\Delta F = 0$. Note de M. APPELL, présentée par M. Bouquet.

« Soit $F(x, y, z)$ une fonction de trois variables réelles $x, y, z$, que nous considérons comme les coordonnées rectangulaires d'un point M; nous supposons que cette fonction soit uniforme, continue, qu'elle admette des dérivées et qu'elle vérifie l'équation

$$(1) \qquad \Delta F = \frac{\partial^2 F}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 F}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 F}{\partial z^2} = 0$$

en tous les points M situés à l'intérieur d'une surface fermée S, excepté en certains points isolés, qui seront appelés *points singuliers*. Désignons par $M_k(a_k, b_k, c_k)$ un de ces points et par $r_k$ la quantité

$$+\sqrt{(x-a_k)^2 + (y-b_k)^2 + (z-c_k)^2};$$

soient, en outre, $V_\nu^{(k)}$ un polynôme homogène de degré $\nu$ en $x - a_k$, $y - b_k$, $z - c_k$ vérifiant l'équation $\Delta V_\nu^{(k)} = 0$, et $V_\nu$ un polynôme homogène de degré $\nu$ en $x, y, z$ vérifiant cette même équation $\Delta V_\nu = 0$. Nous dirons que le point singulier $M_k$ est un pôle de degré $n$ de la fonction F, s'il existe une fonction $\varphi$ de la forme

$$(2) \qquad \varphi = \frac{V_0^{(k)}}{r_k} + \frac{V_1^{(k)}}{r_k^3} + \cdots + \frac{V_\nu^{(k)}}{r_k^{2\nu+1}} + \cdots + \frac{V_{n-1}^{(k)}}{r_k^{2n-1}},$$

telle que la différence $F - \varphi$ soit continue au point $M_k$. S'il n'existe pas de fonction $\varphi$ possédant cette propriété, le point $M_k$ sera un point singulier

essentiel. Dans le cas où le point $M_k$ serait à l'infini, il faudrait, dans les définitions précédentes, remplacer la fonction (2) par

$$\psi = V_1 + V_2 + \ldots + V_\nu + \ldots + V_n. \tag{3}$$

» Dans ce qui suit, nous supposerons que la fonction F existe dans tout l'espace, c'est-à-dire que la surface fermée, désignée par S, s'étende à l'infini. Alors, 1° une fonction F qui n'a d'autres points singuliers que des pôles est égale à une somme de fonctions telles que (2), d'une fonction (3) et d'une constante; 2° une fonction F qui possède $n$ points singuliers $M_k (k = 1, 2, \ldots, n)$ est représentée par une série de la forme

$$F = \sum_{\nu=0}^{\nu=\infty} V_\nu + \sum_{k=1}^{k=n} \sum_{\nu=0}^{\nu=\infty} \frac{V_\nu^{(k)}}{r_k^{2\nu+1}}. \tag{4}$$

» On peut étendre à ces fonctions F existant dans tout l'espace le théorème de M. Mittag-Leffler; mais je laisse de côté cette généralisation facile pour examiner les fonctions les plus simples qui se présentent après celles qui n'ont que des pôles. Ce sont les fonctions qui n'ont à distance finie d'autres points singuliers que des pôles, et qui reprennent les mêmes valeurs aux points homologues d'un réseau de parallélépipèdes. Ces fonctions sont analogues à la partie réelle d'une fonction méromorphe doublement périodique d'une variable imaginaire; elles sont déterminées quand on connaît leurs pôles dans un parallélépipède élémentaire et les fonctions (2) correspondantes. Cette dernière propriété résulte de ce qu'une pareille fonction qui resterait finie dans un parallélépipède élémentaire resterait finie dans tout l'espace, et, par suite, serait une constante d'après un théorème démontré par M. Picard (*Comptes rendus*, t. XC, p. 601). Supposons que les parallélépipèdes élémentaires soient des cubes dont les arêtes sont parallèles aux axes coordonnés et ont pour longueur l'unité; dans ce cas, les fonctions considérées doivent vérifier l'équation

$$F(x+m,\ y+n,\ z+p) = F(x, y, z),$$

$m$, $n$, $p$ étant des entiers quelconques positifs, négatifs ou nuls. Pour former l'expression générale d'une pareille fonction, posons

$$\rho = +\sqrt{m^2+n^2+p^2},\quad r = +\sqrt{x^2+y^2+z^2},\quad r\rho\cos\theta = mx+ny+pz,$$
$$R = +\sqrt{(x-m)^2+(y-n)^2+(z-p)^2} = +\sqrt{r^2-2r\rho\cos\theta+\rho^2},$$

et désignons par $\varepsilon$ un nombre positif moindre que l'unité. Pour toutes les

positions du point $M(x, y, z)$, telles que $\frac{r}{\rho} \leq \varepsilon$, la fonction $\frac{1}{R}$ est développable en une série convergente de la forme

$$\frac{1}{R} = \sum_{\nu=0}^{\nu=\infty} \frac{r^\nu}{\rho^{\nu+1}} P_\nu(\cos\theta),$$

où $P_\nu$ est un polynôme de Legendre. Comme $P_\nu(\cos\theta)$ est compris entre $-1$ et $+1$, la différence

$$f(x, y, z; m, n, p) = \frac{1}{R} - \frac{1}{\rho} - \frac{r}{\rho^2} P_1(\cos\theta) - \frac{r^2}{\rho^3} P_2(\cos\theta)$$

est, en valeur absolue, moindre que $\frac{r^3}{\rho^4} \frac{1}{1-\varepsilon}$. Mais, d'après un théorème d'Eisenstein [1] (*Journal de Crelle*, t. 35, p. 155), la série $\sum' \frac{1}{\rho^4}$ est convergente, le signe $\Sigma'$ indiquant que la sommation est étendue à toutes les valeurs entières positives, négatives ou nulles de $m, n, p$, la combinaison $m = n = p = 0$ étant exceptée. Donc la série

$$Z(x, y, z) = \frac{1}{r} + \sum' f(x, y, z; m, n, p)$$

est absolument convergente; cette série définit une fonction satisfaisant à l'équation $\Delta Z = 0$ et aux relations

$$\begin{aligned} Z(x+1, y, z) - \lambda x &= Z(x, y+1, z) - \lambda y \\ &= Z(x, y, z+1) - \lambda z = Z(x, y, z) + \mu, \end{aligned}$$

$\lambda$ et $\mu$ désignant des constantes. Soit alors

$$(5) \quad F(x, y, z) = \delta + \alpha x + \beta y + \gamma z + \sum_{k=1}^{k=n} A_k Z(x - a_k, y - b_k, z - c_k),$$

les constantes $\alpha, \beta, \gamma, A_k$ vérifiant les relations

$$(6) \quad \sum_{k=1}^{k=n} A_k = 0, \quad \alpha = \lambda \sum_{k=1}^{k=n} A_k a_k, \quad \beta = \lambda \sum_{k=1}^{k=n} A_k b_k, \quad \gamma = \lambda \sum_{k=1}^{k=n} A_k c_k;$$

cette fonction F est la fonction la plus générale possédant les propriétés demandées et ayant des pôles du premier degré aux points $(a_k, b_k, c_k)$. Si

---

[1] M. Jordan a donné une démonstration très simple de ce théorème dans le *Bulletin de la Société mathématique*, t. IX, p. 113.

les pôles sont d'un degré supérieur au premier, il faut ajouter, dans le second membre de l'expression (5), des termes de la forme

$$A_{m,n,p}^{(k)} \frac{\partial^{m+n+p} Z(x - a_k, y - b_k, z - c_k)}{\partial x^m \partial y^n \partial z^p}.$$

» Je remarque, en terminant, que l'on peut étendre aux fonctions satisfaisant à l'équation $\Delta F = 0$ les théorèmes que j'ai indiqués pour les fonctions d'une variable imaginaire dans la séance du 1er mai 1882. »

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur le déplacement des raies du sodium, observé dans le spectre de la grande comète de* 1882. Note de MM. Thollon et Gouy, présentée par M. Mouchez.

« Dans les *Comptes rendus* du 25 septembre 1882, nous avons publié le résultat des études que nous avons faites à l'Observatoire de Nice sur la grande comète le jour même (18 septembre) où nous l'avons vue en plein midi. A l'aide d'un spectroscope à un seul prisme, nous avons pu constater d'une manière certaine, non seulement l'existence des raies brillantes du sodium dans le spectre cométaire, mais encore leur déplacement du côté du rouge, déplacement que nous avons évalué à $\frac{1}{4}$ ou $\frac{1}{5}$ de l'intervalle entre les deux raies du sodium $D_1$ et $D_2$. Les détails de ces observations se trouvent consignés dans la Note que nous venons de rappeler. Nous en avons conclu que la comète devait, à ce moment, *s'éloigner* de la Terre avec une vitesse absolue de $\frac{305}{4} = 76^{km}$ ou $\frac{305}{5} = 61^{km}$ par seconde, $305^{km}$ étant la vitesse qui correspond, d'après les longueurs d'ondes d'Angström, à un déplacement égal à l'intervalle entier de $D_1$ à $D_2$.

» Il y avait grand intérêt à vérifier ces conclusions et à voir comment elles s'accordaient avec les faits : mais on ne savait rien alors sur la marche de l'astre et toute vérification était impossible. Il n'en est plus de même aujourd'hui où l'on possède les éléments nécessaires pour déterminer exactement la trajectoire de la comète. M. Bigourdan, qui s'occupe actuellement de ce calcul, a bien voulu nous fournir les données suivantes, relatives à l'après-midi du 18 septembre.

| Temps moyen de Nice. | Distances à la Terre. | Vitesses moyennes par heure. | Vitesses moyennes par seconde. |
|---|---|---|---|
| h m | km | km | km |
| 0.35 | 158700700 | | |
| | | 275200 | 76,4 |
| 1.35 | 158975900 | | |
| | | 268900 | 74,7 |
| 2.35 | 159244800 | | |
| | | 262600 | 72,9 |
| 3.35 | 159507400 | | |
| | | 257000 | 71,4 |
| 4.35 | 159764400 | | |

L'examen de ce Tableau montre que, au moment de nos observations ($3^h$ du soir environ), la comète *s'éloignait* de la Terre, et qu'elle s'éloignait avec une vitesse moyenne de $73^{km}$ par seconde, nombre compris entre nos deux évaluations $76^{km}$ et $61^{km}$.

» Cette concordance montre bien la sûreté des indications du spectroscope en pareil cas. Elle montre aussi que les vapeurs de sodium qui entouraient le noyau de la comète suivaient la même trajectoire et faisaient partie des éléments constituants de cet astre. Enfin elle confirme d'une manière remarquable la loi du changement des longueurs d'ondes produit par le mouvement de la source lumineuse; c'est pourquoi elle nous a paru digne d'être signalée à l'Académie. »

PHYSIQUE. — *Action magnétique du Soleil sur la Terre et les planètes; elle ne produit pas de variation séculaire dans les grands axes des orbites.* Note de M. QUET.

« L'action magnétique que le Soleil exerce, soit par son fer, soit par ses courants électriques, sur la Terre qui est un aimant et sur les planètes qui se trouvent très probablement dans la même condition, ne modifie sensiblement, même dans un très long intervalle de temps, ni leur mouvement de révolution, ni leur rotation autour du centre de gravité. Cette conclusion, qui n'est pas sans intérêt au point de vue astronomique et qui est utile à la théorie de l'induction solaire, se déduit des considérations et des calculs que je vais exposer.

» Chaque élément magnétique d'une planète est animé, par l'action du Soleil, de deux forces sensiblement égales, parallèles et de sens opposés; c'est de cette manière que les aiguilles de nos boussoles se trouvent dirigées par le couple terrestre. Si ces deux forces formaient rigoureusement un couple, elles se détruiraient complètement au centre de gravité où elles doivent être transportées pour le calcul de la force motrice; mais, à cause de l'imperfection du couple, elles fournissent une résultante très faible, et cette dernière, en se composant avec les résultantes analogues qui sont excessivement nombreuses, donnera une force motrice de grandeur finie. Pour avoir la force accélératrice du centre de gravité, on n'a qu'à diviser cette force motrice par la masse de la planète, qui est relativement énorme et rend le quotient excessivement petit. Comme en Astronomie l'action des forces se continue indéfiniment avec le temps, il est bon d'entrer dans quelques détails numériques afin de savoir jusqu'à quel point les effets de la force magnétique du Soleil sont inappréciables à l'observation.

» En adoptant pour unités de longueur, de masse et de temps, le mètre, la masse du gramme et la seconde de temps moyen, et en supposant l'égalité des pouvoirs magnétiques, je trouve que la force motrice appliquée au centre de gravité de la Terre est plus petite que 64000 unités de force. Ce n'est pas la masse du gramme que cette force doit entraîner, mais celle de tous les grammes de la Terre, qui sont au nombre d'environ $10^{27} \times 5{,}94$; elle produira donc une force accélératrice plus petite que $10^{-24} \times 10{,}8$. C'est une force d'une faiblesse excessive, comme on peut en juger par ces deux résultats :

» L'accélération magnétique dont je viens de parler est à celle qui provient de la gravitation universelle dans un rapport plus petit que celui de 2 à $10^{22}$. Si la Terre était soumise à cette seule force, supposée de direction et d'intensité constantes, elle ne se déplacerait pas, dans son mouvement uniformément accéléré, de $54^{m}$ en 10000 ans.

» Ces nombres me paraissent suffire pour le but que je voulais atteindre. Toutefois, à côté de cette démonstration très élémentaire, il reste à traiter la question au point de vue astronomique, afin de savoir quelles modifications pourront se produire lorsque des milliers de siècles se seront écoulés. J'ai calculé le potentiel de la force; j'ai ensuite formé l'expression des variations séculaires des six éléments de l'orbite et j'ai été ainsi conduit à des résultats au moins aussi probants que ceux de la démonstration élémentaire; c'est ce que je ferai voir dans une autre Communication. Je me bornerai à citer ici ce résultat assez remarquable que les grands axes des orbites n'éprouvent pas de variation séculaire.

» Quant à la Lune, j'ai trouvé que son accélération, due à l'action magnétique de la Terre, est plus petite que $10^{-19} \times 3$.

» Le potentiel de l'action magnétique du Soleil sur une planète a pour expression $V = \Sigma \mu \mu' \rho^{-1}$, en désignant par $\mu'$ et $\mu$ les masses des fluides magnétiques de deux points M' et M du Soleil et de la planète, dont la distance est $\rho$. L'origine des coordonnées rectangulaires étant au centre du Soleil, R désignant la distance de ce centre à celui de la planète, $x, y, z$ les coordonnées de ce dernier, $x + \xi$, $y + \eta$, $z + \zeta$ celles du point M de la planète et $x', y', z'$ celles du point M' du Soleil, on déduira $\rho$ de l'expression de R, en faisant varier dans celle-ci de $\xi - x'$, $\eta - y'$, $\zeta - z'$ les coordonnées $x, y, z$; on tirera donc le développement de $\rho^{-1}$ par la série de Taylor, et en remarquant que les dérivées du premier et du second ordre de $R^{-1}$ s'obtiennent en divisant par $R^3$ les quantités suivantes :

$$-x,\ -y,\ -z,\ -1 + 3x^2 R^{-2},\ 3xy R^{-2},\ -1 + 3y^2 R^{-2},\ \ldots$$

$\mu\mu'\rho^{-1}$ est le potentiel de l'action de la masse $\mu'$ sur la masse $\mu$. En laissant $\xi, \eta, \zeta$ constantes, on obtiendra le potentiel U de l'action du Soleil sur $\mu$, en multipliant par $\mu\mu'$ le développement de $\rho^{-1}$ et en ne faisant varier que $x', y', z'$; on a ainsi

$$\mathrm{U} = \mathrm{U}' + \mathrm{BR}^{-3} + \mathrm{R}^{-3}[(1 - 3x^2\mathrm{R}^{-2})\xi\alpha' + 3xy\mathrm{R}^{-2}(\xi\beta' + \eta\alpha') + \ldots].$$

U′ et B sont deux quantités indépendantes de $\xi$, $\eta$, $\zeta$, et la valeur de U′ est

$$\mathrm{U}' = \mathrm{M}'\mu\mathrm{R}^{-3}(\alpha x + \beta y + \gamma z).$$

M′ est le moment magnétique du Soleil, et $\alpha'$, $\beta'$, $\gamma'$ sont les cosinus des angles que l'axe de ce moment fait avec les axes des coordonnées; ainsi l'on a

$$\mathrm{M}' = \sqrt{(\Sigma\mu' x')^2 + (\Sigma\mu' y')^2 + (\Sigma\mu' z')^2}, \quad \Sigma\mu' x' = \mathrm{M}'\alpha', \quad \Sigma\mu' y' = \ldots;$$

la quantité U′ nous servira plus tard pour calculer le moment de rotation des forces appliquées à la planète. Je désignerai par $\mathrm{M}\alpha\beta\gamma$ des quantités analogues aux précédentes, pour le moment magnétique de la planète et pour la direction de l'axe de ce moment. Dans le potentiel V, il y a autant de groupes de termes semblables à U qu'il existe de points magnétiques dans la planète. Pour former cette nouvelle somme, on remarquera que $\Sigma\mathrm{U}' = 0$ puisque $\Sigma\mu = 0$, que pour la même raison $\Sigma\mathrm{B} = 0$, et l'on a alors

$$\mathrm{V} = \mathrm{MM}'\,[\alpha\alpha' + \ldots - 3\mathrm{R}^{-2}(\alpha x + \beta y + \gamma z)(\alpha' x + \beta' y + \gamma' z)].$$

» Je désigne par H le cosinus de l'angle que font entre eux les deux axes magnétiques et par $h$, $h'$ ceux des angles que ces axes font avec la direction du rayon vecteur R, et j'ai pour le potentiel, pour les composantes X, Y, Z de la force motrice et pour la force accélératrice F, $m$ étant la masse de la planète,

$$\mathrm{V} = \frac{\mathrm{MM}'}{\mathrm{R}^3}(\mathrm{H} - 3hh'),$$

$$\mathrm{X} = \frac{3\mathrm{MM}'}{\mathrm{R}^4}[x\mathrm{R}^{-1}(\mathrm{H} - 5hh') + \alpha h' + \alpha' h], \quad \mathrm{Y} = \ldots, \quad \mathrm{Z} = \ldots,$$

$$\mathrm{F} = \frac{3\mathrm{MM}'}{m\mathrm{R}^4}\sqrt{\mathrm{H}^2 - 4hh' + 5h^2h'^2 + h^2 + h'^2}.$$

» C'est cette valeur de F que j'ai employée pour le calcul de la force accélératrice. V m'a servi pour le calcul de la variation des éléments de l'orbite. »

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *La distribution de l'énergie dans le spectre solaire et la chlorophylle.* Note de M. C. TIMIRIAZEFF, présentée par M. Edm. Becquerel.

« Dans une courte Note présentée à l'Académie en 1877, j'ai essayé de résumer les résultats de mes recherches sur la décomposition de l'acide carbonique, dans le spectre solaire, par les parties vertes des végétaux ([1]). Ces expériences, dont j'ai donné depuis tous les détails dans les *Annales de Chimie et de Physique* ([2]), démontrent d'une manière évidente l'existence d'une relation intime entre l'absorption de la lumière par la chlorophylle et l'intensité du phénomène chimique produit : les deux courbes, celle de l'absorption et celle de la décomposition de l'acide carbonique, présentent une concordance aussi parfaite qu'on pouvait l'exiger de ce genre de recherches. Le phénomène qui se passe dans une feuille verte semble ainsi rentrer dans la loi de Herschel et présente même un des exemples les plus nets de son application ([3]).

» En désignant le résultat principal de mes expériences, je me suis permis d'avancer en même temps l'opinion que ce phénomène pouvait être considéré comme dépendant de l'énergie du rayonnement, mesurée par son effet sur la thermopile. En discutant ce sujet en détail dans les *Annales*, j'indiquais « qu'une étude directe de la distribution de la chaleur dans un » spectre des réseaux serait d'une haute importance pour la connaissance » intime du phénomène en question ([4]) », et j'arrivais à cette conclusion « qu'il serait prématuré d'énoncer une opinion quelconque sur le rapport » entre le phénomène en question et l'énergie du rayonnement, tant que » nous ne possédons pas de données précises sur cette dernière ([5]). »

» L'invention du bolomètre par M. Langley, suivie de près de ses remarquables recherches sur la distribution de l'énergie dans le spectre normal, vient combler cette lacune. La position du maximum d'énergie est définitivement fixée par M. Langley dans l'orangé, et précisément *dans la partie du spectre qui correspond à la bande caractéristique de la chlorophylle* (entre les lignes B et C) ([6]).

---

([1]) *Comptes rendus*, 28 mai 1877.

([2]) *Annales de Chimie et de Physique*, 5e série, t. XII, 1877.

([3]) BERTHELOT, *Essai de Mécanique chimique*, t. II, p. 414.

([4]) *Loc. cit.*, p. 387.

([5]) *Loc. cit.*, p. 396.

([6]) *Comptes rendus*, 11 septembre 1882.

» Ce fait étant établi, nous sommes autorisés à admettre, comme étant parfaitement démontrée, l'existence de cette relation entre l'énergie du rayonnement et l'intensité du phénomène chimique que je me suis permis d'indiquer, dans ma précédente Communication, comme étant fort probable. Nous arrivons ainsi à ce curieux résultat que la chlorophylle peut être envisagée comme un absorbant spécialement adapté à l'absorption des rayons solaires possédant le maximum d'énergie, l'élaboration de cette curieuse substance par l'économie végétale devant être considérée comme un des exemples les plus frappants de l'adaptation des êtres organisés aux conditions du milieu ambiant.

» Je me propose de présenter à l'Académie, dans une prochaine Note, un court extrait des résultats obtenus dans une série de recherches poursuivies depuis quelques années dans le but de fixer le rapport *quantitatif* existant entre la quantité d'énergie solaire absorbée par la chlorophylle d'une feuille et celle qui est emmagasinée par suite du travail chimique produit. Je me bornerai, pour le moment, à indiquer un des résultats de ces expériences. La plante se trouvant dans les conditions les plus favorables pour la production du phénomène, jusqu'à 40 pour 100 de l'énergie solaire correspondant au faisceau de lumière absorbé par la bande caractéristique de la chlorophylle se trouvent être transformés en travail chimique. Partant de ce chiffre, l'organe chlorophyllien semblerait constituer un appareil de haute perfection, capable de transformer en travail utile jusqu'à 40 pour 100 de l'énergie absorbée. »

CHIMIE. — *Sur quelques combinaisons du sulfite de manganèse avec les sulfites alcalins*. Note de M. A. Gorgeu, présentée par M. Cahours.

« Le sulfite de manganèse, placé dans des conditions favorables, s'unit facilement aux sulfites alcalins. J'ai pu obtenir, sous forme de cristaux très nets, les sels doubles suivants :

$$KO, SO^2 + MnO, SO^2, \quad KO, SO^2 + 2(MnO, SO^2),$$
$$AzH^3, HO, SO^2 + MnO, SO^2,$$
$$NaO, SO^2 + MnO, SO^2 + HO, \quad NaO, SO^2 + 4(MnO, SO^2).$$

» *Sulfites doubles de potasse et de manganèse*. — Pour préparer le premier sulfite double potassique, $KO, SO^2 + MnO, SO^2$, il faut saturer d'acide sulfureux une solution contenant 15 à 20 pour 100 de sulfite alcalin, y dissoudre 3 à 4 centièmes de sulfite de manganèse et abandonner le mélange

sous une cloche renfermant un absorbant de l'acide sulfureux. Avec le temps, le sel double se dépose sous forme de plaques hexagonales, à arêtes vives ou arrondies dérivant du troisième système cristallin.

» La liqueur mère de ces cristaux chauffée au bain-marie dépose ordinairement une nouvelle quantité du même sel double sous forme de prismes à six pans groupés en étoiles régulières; d'autres fois les cristaux qui apparaissent appartiennent à la seconde combinaison des deux sulfites,

$$KO, SO^2 + 2(MnO, SO^2) :$$

ce sont de longues et fines aiguilles à quatre pans qui dérivent probablement du prisme rhomboïdal droit ou du prisme oblique.

» M. Émile Bertrand, qui a bien voulu déterminer la forme des sels étudiés dans cette Note, n'a pu être plus affirmatif à l'égard du sel précédent, à cause de la ténuité de ses cristaux.

» *Propriétés.* — Les sulfites doubles potassiques présentent une couleur blanche faiblement rosée et s'oxydent d'autant plus vite à l'air que celui-ci est plus chargé d'humidité.

» Le sulfite double, $KO, SO^2 + MnO, SO^2$, est remarquable par la résistance qu'il oppose à l'action décomposante de l'eau, malgré la grande solubilité du sulfite de potasse qu'il renferme. On peut, en effet, laver ce sel double à l'eau froide sans altérer sa composition, et c'est à peine si, après vingt-quatre heures de contact, les arêtes des cristaux offrent des traces d'usure. L'eau bouillante n'agit elle-même que lentement.

» Soumis à l'action de la chaleur, les sulfites doubles potassiques se comportent comme le feraient des mélanges de sulfite alcalin et de sulfite manganeux; ils laissent au rouge, à l'abri de l'air, des sulfates mêlés de sulfures et de protoxyde de manganèse et, à l'air libre, des sulfates et de l'oxyde rouge cristallisé.

» Dans tous les cas, il y a dégagement d'acide sulfureux.

» Les sulfites doubles, soumis aux mêmes épreuves, donnent naissance à des produits semblables ou analogues.

» *Sulfite double d'ammoniaque et de manganèse.* — Ce sulfite double, $AzH^3, HO, SO^2 + MnOSO^2$, peut être préparé comme le sel de potasse correspondant, mais il vaut mieux chauffer au bain-marie le mélange des sulfites saturés d'acide sulfureux; les cristaux ainsi obtenus sont plus gros et plus nets.

» Ce sont des plaques hexagonales régulières, mélangées quelquefois de prismes à six pans croisés, à 60°.

» *Propriétés.* — Le sulfite double ammoniacal présente un bel éclat nacré, une résistance à l'oxydation beaucoup plus grande que les sels de potasse et de soude et peut supporter une température de 180° sans changer de poids, alors que le sulfite neutre d'ammoniaque se décompose déjà au-dessous de 60°.

» Deux lavages à l'eau froide ne lui ont enlevé que $\frac{2}{100}$ à $\frac{3}{100}$ de sulfite alcalin.

» Calciné à l'abri de l'air, il dégage un peu d'ammoniaque d'abord, beaucoup de bisulfite ensuite et à la fin de l'acide sulfureux; le résidu est du protoxyde de manganèse contenant peu de sulfure. Lorsque la calcination se fait à l'air, il ne reste que de l'oxyde rouge pur.

» *Sulfites doubles de soude et de manganèse.* — Je n'ai pu réussir à combiner à froid le sulfite de soude avec le sulfite de manganèse; à chaud, au contraire, cette combinaison s'effectue aisément.

» Pour obtenir sûrement le premier sulfite double

$$NaO, SO^2 + MnOSO^2 + HO,$$

il faut verser une solution de chlorure manganeux renfermant 20 pour 100 de sel anhydre dans du sulfite de soude saturé à froid, contenant un peu de bisulfite et porté à 80° environ; lorsque le précipité ne se dissout plus que difficilement, on cesse d'ajouter le chlorure. Le mélange maintenu chaud ne tarde pas à déposer le sel double sous forme de prismes dérivant du cinquième système. Il faut avoir soin de le sécher encore chaud entre des plaques de porcelaine dégourdie, afin d'éviter l'action décomposante qu'exercerait sur lui son eau mère après refroidissement.

» En employant la même solution de sulfite de soude étendue de $0^{vol},5$ d'eau, on obtient à la même température un autre sulfite double bien cristallisé, anhydre, et dont la composition répond exactement à la formule $NaO, SO^2 + 4(MnO, SO^2)$.

» *Propriétés.* — Ce dernier est à peine altéré par l'eau froide; l'eau bouillante ne lui enlève, après trois lavages, que $\frac{1}{100}$ de sulfite sodique.

» L'action de l'eau sur le sulfite double $NaOSO^2 + MnOSO^2 + HO$ est singulière : tandis que l'eau bouillante n'altère pas sensiblement la forme des cristaux et ne lui enlève que $\frac{2}{100}$ de sel alcalin, l'eau froide, par un contact de quelques minutes, le dédouble complètement.

» On peut suivre cette action sous le microscope et voir les longs prismes disparaître, tandis qu'apparaissent et grossissent rapidement des cristaux très nets de sulfite de manganèse, $MnOSO^2 + 3HO$.

» Cette action de l'eau, identique à celle que ce liquide exerce à froid ou à chaud sur le sulfite de manganèse produit à 100°, $MnO, SO^2 + HO$, sel dont j'ai signalé récemment l'existence, me porte à croire que le sulfite double en question est une combinaison du sulfite de soude anhydre avec le sulfite de manganèse à un équivalent d'eau, et que la formule qui exprime la composition de ce sel double doit s'écrire comme il suit :

$$NaO\,SO^2 + (MnO, SO^2 + HO).$$

» Ce composé ne perd son eau de cristallisation qu'au delà de 150°. C'est à cette même température que le sulfite manganeux $MnO, SO^2 + HO$, commence à se déshydrater.

» *Mode d'analyse.* — Les sulfites doubles destinés aux analyses ont tous été recueillis imprégnés de leurs eaux mères et pressés entre des porcelaines dégourdies. Dans ces conditions, lorsque les cristaux sont très longs et atteignent un demi à 1 centième de millimètre d'épaisseur, la quantité d'eau mère qu'ils retiennent est insignifiante.

» L'acide sulfureux et l'oxygène absorbé pendant la dessiccation ont été déterminés par la méthode employée pour les sulfites de manganèse. Les autres éléments ont été dosés par les procédés ordinaires.

» Les résultats obtenus ont toujours été trouvés conformes, à quelques millièmes près, aux nombres théoriques exigés par les formules adoptées. »

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur la silice hydraulique. Réponse à M.* Le Châtelier, par M. **Ed. Landrin.**

« Dans la séance de l'Académie du 22 janvier dernier, M. Le Châtelier a cru devoir rappeler quelques opinions éparses çà et là et sans aucun lien dans les travaux des différents auteurs qui se sont occupés, depuis le commencement de ce siècle, de l'étude des phénomènes hydrauliques. Cette question historique me paraissait assez connue pour ne pas y revenir; c'est le même sentiment qui m'avait empêché de faire remarquer à mon tour à M. Le Châtelier qu'avant ses recherches les auteurs les plus éminents, Vicat, Rivot, Chatonay, Winckler, Michaelis, M. Fremy et bien d'autres avaient constaté, dans les matériaux hydrauliques, la présence de la chaux libre, des silicates de chaux, des aluminates de chaux, voire même des aluminoferrites de chaux. Entre autres, dans son Traité, Michaelis attribue

à l'aluminoferrite hydraté la formule $3CaO, Al^2O^3(Fe^2O^3), 3H^2O$ et au silicate de chaux hydraté $2CaO, SiO^2 + 4H^2O$ [1].

» Mais je préfère ne pas insister plus longtemps sur cette revue rétrospective. Je le répète, dans la Note que j'ai présentée à l'Académie, j'ai voulu démontrer qu'il existe une variété de silice allotropique, spéciale, particulière, et dont le principal caractère est de faire prise hydraulique avec la chaux. J'ai insisté notamment sur les faits suivants, dont je persiste à revendiquer la priorité : 1° la silice hydraulique ne doit pas sa propriété à sa ténuité extrême, car la silice provenant de la préparation de l'acide hydrofluosilicique ne jouit pas des mêmes caractères; 2° cette silice, contrairement à l'opinion de Rivot, citée par M. Le Châtelier lui-même, peut être à la fois insoluble dans les acides et lentement attaquable par la chaux, cette attaque étant corrélative au durcissement définitif du mortier; 3° la silice hydraulique a la propriété de dépouiller l'eau de chaux, et c'est sa présence dans les pouzzolanes qui leur communique des propriétés similaires; enfin, je maintiens que cette silice, amorphe ou gélatineuse, soluble ou insoluble dans les acides, existe à l'état libre dans tous les composés hydrauliques et dans la chaux du Theil, que j'ai reproduite, pour ainsi dire, par synthèse [2].

» M. Le Châtelier prétend, au contraire, que le silicate de chaux, péridot calcaire, $SiO^3, 2CaO$, est la principale cause du durcissement des ciments et de la chaux du Theil. Le jour où M. Le Châtelier, plus heureux que M. Fremy, qui n'a jamais pu préparer de silicate de chaux faisant directement prise dans l'eau, aura préparé, en prenant pour point de départ du quartz ou une variété de silice autre que la silice hydraulique sous l'une des formes que j'ai signalées, ce silicate hydraulique avec des caractères cristallographiques nettement définis et faisant prise, en s'hydratant, comme le plâtre, je suis prêt à m'incliner et à reconnaître qu'il a raison.

» Ces faits bien établis, pour n'y plus revenir, je pense, pour que cette discussion soit réellement utile aux progrès de la science, qu'il ne nous reste plus, à M. Le Châtelier et à moi, qu'à publier la suite de nos expériences : l'Académie jugera. »

---

(1) M. Le Châtelier donne à ces composés les formules $2(Al, Fe)^2O^3, 3CaO$ et $SiO^2, 2CaO$; il n'a donc fait lui-même que constater, à nouveau, la présence des composés signalés par Michaelis.

(2) Je n'insiste pas sur la différence profonde qui existe entre cette expérience et celle de Berthier qui, en analysant la chaux de Senonches, y constate, sans ajouter aucun commentaire, la présence de silice soluble dans les alcalis.

CHIMIE. — *Sur les déplacements mutuels des bases dans les sels neutres, les systèmes restant homogènes.* Troisième Note de M. N. MENSCHUTKINE, présentée par M. Wurtz.

« Ayant à traiter dans cette Note du déplacement total de l'ammoniaque dans ses sels par les alcalis, je pourrais répéter ce que j'ai dit en parlant des déplacements de la triéthylamine, quant au principe de la méthode du dosage des sels ammoniacaux.

» Une solution aqueuse colorée par la phénolphtaléine et l'ammoniaque est complètement décolorée si l'on ajoute $3^{vol}$ d'alcool à 95° Tralles, et l'ammoniaque libre n'empêche pas la destruction du composé ammoniacal de la phénolphtaléine. Les alcalis et la baryte colorent, dès la première goutte, la solution décolorée par l'alcool.

» Les sels ammoniacaux, dans une solution alcoolique, se comportent en tout point envers les alcalis comme les sels de la triéthylamine. Si l'on ajoute de l'alcali, en présence de la phénolphtaléine, la coloration due à l'alcali ne paraît pas; donc il y a déplacement de l'ammoniaque et, quand celui-ci est achevé, la coloration du liquide apparaît. J'ai effectué ces dosages soit avec une solution titrée alcoolique de soude, soit avec une solution titrée aqueuse de potasse, dans les mêmes conditions que celles qui ont été indiquées pour le dosage des sels de la triéthylamine. J'ajouterai seulement que le dosage peut être contrôlé par l'acide chlorhydrique titré, dont la première goutte, dans un dosage correct, doit détruire la teinte due à l'alcali. Les sels ammoniacaux, le bromhydrate et le nitrate étaient cristallisés du sein de l'alcool; l'acétate était préparé avec l'acide acétique pur et l'ammoniaque alcoolique. Dans le Tableau suivant, qui résume les expériences, la quantité d'acide du sel ammoniacal est égale à 100 :

*Déplacement de l'ammoniaque par les alcalis.*

| Bases. | $NH^3HBr$. | $NH^3HNO^3$. | $NH^3C^2H^4O^2$. |
|---|---|---|---|
| KHO................. | 100,4 | 99,9 | 100,6 |
| NaHO................ | 99,9 | 100,0 | 100,1 |

» Ce Tableau montre que le déplacement de l'ammoniaque par une quantité équivalente de la base est total, et le système reste homogène pendant l'expérience. La masse chimique d'ammoniaque n'exerce aucune influence; car, à la fin du dosage, la liqueur contient de plus en plus d'ammoniaque libre, et néanmoins le déplacement est total. Comme je l'ai dit

plus haut, la teinte qui paraît à la fin du dosage disparaît à la première goutte de l'acide chlorhydrique ajouté. Il s'ensuit que, dans ces conditions, malgré la grande quantité de l'ammoniaque libre, l'acide se combine exclusivement avec l'alcool. C'est une démonstration indirecte de la totalité du déplacement de l'ammoniaque.

» Si les conditions viennent à changer, en augmentant la quantité d'eau présente, le système restant homogène, le déplacement devient partiel, comme c'était le cas pour les sels de la triéthylamine. Les coefficients de partage des alcalis et de l'ammoniaque seront donnés quand leur détermination sera finie.

» En étudiant avec le calorimètre la réaction de la soude sur le chlorhydrate d'ammoniaque, M. Berthelot est arrivé à cette conclusion que le déplacement est total dans les solutions aqueuses très faibles. Je reviendrai sur cette expérience, quand je traiterai des déplacements partiels de l'ammoniaque.

» Les expériences faites sur l'action de l'alcoolate de baryum sur les sels ammoniacaux donnent les résultats suivants. L'alcool anhydre, traité par la baryte, comme l'a montré M. Berthelot, dissout beaucoup de cette substance et contient en solution l'alcoolate de baryum. Pour préparer une solution titrée de cette substance, la liqueur obtenue directement par l'action de la baryte sur l'alcool était diluée de $3^{vol}$ d'alcool anhydre. L'alcoolate de baryum donne une belle coloration avec la phénolphtaléine, dont on a fait usage pour déterminer le titre de l'alcoolate de baryum d'après une solution titrée d'acide chlorhydrique. La teinte jaunâtre de l'alcoolate n'influe pas sur l'appréciation du moment où prend fin la réaction.

» J'ai étudié l'action de l'alcoolate de baryum sur le bromure et l'azotate d'ammonium dans une solution alcoolique : avec le premier sel il y a déplacement total (l'expérience donne 100,3 pour 100), le système restant homogène pendant l'expérience. Avec l'azotate d'ammonium la réaction est plus compliquée. Prend-on une solution de ce sel dans l'alcool anhydre, la première goutte de l'alcoolate de baryum produit une coloration particulière due à l'alcali (il n'y a pas de déplacement). Presque aussitôt il se forme un précipité d'azotate de baryum, le liquide se décolore. En ajoutant de l'alcoolate, il se forme de nouveau de l'azotate de baryum et le déplacement de l'ammoniaque devient total (l'expérience a donné 99,5 pour 100 d'ammoniaque déplacée), grâce à l'insolubilité de l'azotate de baryum dans l'alcool. Par contre, si la solution d'azotate d'ammonium

est effectuée avec de l'alcool à 95° Tr., l'azotate de baryum ne se forme pas dès qu'on ajoute de l'alcoolate de baryum et le déplacement n'a pas lieu; la coloration due à la première goutte de l'alcoolate persiste au moins une demi-heure. En présence de l'eau, le cours de la réaction est différent. En ajoutant à 20$^{cc}$ de la solution d'azotate d'ammonium dans l'alcool absolu 5$^{cc}$ d'eau, le déplacement de l'ammoniaque est de nouveau total (car il se forme de l'hydrate de baryum), et le système est homogène (l'expérience donne 99,9 pour 100). Ajoute-t-on au même volume d'azotate d'ammonium 10$^{cc}$ d'eau, le déplacement n'est que de 96,8 pour 100. L'action de l'alcoolate de baryum sur l'azotate d'ammonium présente un bel exemple de l'influence qu'exercent tantôt les conditions physiques, tantôt les conditions chimiques sur la totalité du déplacement de l'ammoniaque.

» L'alcoolate de baryum ne se prête pas à des expériences nombreuses; du jour au lendemain la solution brunit fortement, devient trouble; il se forme un dépôt et le titre s'abaisse fortement. Les expériences consignées plus haut ont été faites dans la même journée.

» Il m'a paru intéressant d'étudier comment se comportent les sels de méthylamine et d'éthylamine envers les alcalis, car leurs chaleurs de combinaison avec l'acide chlorhydrique sont très voisines. Les combinaisons de méthyl et d'éthylamine avec la phénolphtaléine sont décolorées par l'alcool. La soude alcoolique déplace ces bases, mais le déplacement n'est pas total : 94,4 pour 100 de la méthylamine sont déplacés, tandis que pour l'éthylamine le déplacement n'est que de 90,4 pour 100.

» Les méthodes de dosage de l'ammoniaque et des diverses bases décrites antérieurement peuvent être appliquées à l'étude des réactions dans lesquelles ces bases interviennent, ou bien dans lesquelles elles se forment. Je les ai appliquées à l'étude de la formation de l'acétanilide et je voudrais prendre date pour les appliquer à la recherche de la formation des amides, l'étude de la formation et de la décomposition de l'acétamide étant déjà considérablement avancée.

» Quant à la théorie de ces déplacements, je la discuterai lorsque j'aurai terminé l'étude des déplacements partiels de ces bases. »

PHYSIOLOGIE. — *Les microbes des poissons marins.* Note de MM. **L. Olivier** et **Ch. Richet**, présentée par M. Vulpian.

« Nous avons cherché à vérifier et à compléter différents faits que l'un de nous avait observés sur des poissons de la Méditerranée [1]. Nous avons institué nos expériences, au Havre, sur divers poissons de la Manche. La création récente, dans cette ville, d'une station maritime de Physiologie, dépendant de la Sorbonne, nous a permis de faire nos recherches dans des conditions aussi avantageuses que dans les laboratoires les mieux aménagés de Paris.

» Nous avons d'abord constaté que, chez les animaux marins, s'observe le parasitisme végétal, comme chez les animaux terrestres. Chez les poissons de mer, de même que chez les Vertébrés terrestres, il y a, dans le tube digestif, des bactériens qui sont mélangés aux liquides alimentaires.

» Mais nous avons surtout dirigé nos investigations sur la présence de ces mêmes bactériens dans les liquides cavitaires et dans les tissus de l'organisme vivant. Il y a là une question très controversée, qui ne laisse pas que d'être importante pour la théorie générale du parasitisme, et qu'on n'a jamais, pensons-nous, cherché à résoudre par l'examen direct des animaux marins.

» Or nous pouvons maintenant affirmer que chez *tous* les poissons examinés par nous à cet effet, il y a, dans le liquide péritonéal, dans la lymphe, dans le sang, et par conséquent dans les tissus, des microbes plus ou moins nombreux, ayant tous les caractères des microbes terrestres et se reproduisant comme eux.

» Voici sur quoi nous nous appuyons :

» 1° Observations directes. — Les poissons vivants, aussitôt après la pêche, étaient ouverts, et leur liquide péritonéal, leur sang, etc., recueillis avec les précautions nécessaires, étaient examinés au microscope. Nos recherches ont porté sur : Congres, Scorpènes, Limandes, Roussettes, Girelles, Squales, Vieilles, Merlans, Athérina, Rougets et nombreuses Équilles. Chez un seul poisson (une Roussette), nous n'avons pu, par l'examen microscopique, découvrir de microbes [2]. Nous n'en avons pas pu

---

[1] Ch. Richet, *Microbes des poissons marins* (*Bulletin de la Société de Biologie*, novembre 1882).

[2] Les cultures dont nous parlons plus loin en ont pu cependant déceler la présence.

trouver dans le sang d'un Congre ([1]). Sauf ces deux cas, toutes les parties de l'organisme des poissons examinés directement présentaient quantités de bactéries. C'est surtout dans le liquide péritonéal que ces parasites sont nombreux, à ce point qu'il est quelquefois difficile de les compter dans le champ du microscope. Ils sont bien moins abondants dans le sang que dans la lymphe, et parfois il faut quelque attention pour les voir.

» Le plus souvent, ces bactéries sont des *Bacillus*, longs ou courts, généralement effilés et terminés en fuseaux, animés de petits mouvements oscillatoires. Ils se colorent par le picrocarminate d'ammoniaque et les couleurs d'aniline. Quelques-uns présentent des spores, soit au milieu, soit à l'extrémité du bâtonnet. Souvent des spores, devenues libres, nageaient à côté des bâtonnets.

» La démonstration tirée d'une observation directe immédiate nous paraît formelle; car elle ne comporte pas de cause d'erreur qui ne soit très facile à éviter. Au contraire, les expériences entreprises pour corroborer les observations sont passibles de quelques objections. Toutefois nous avons cherché à nous prémunir contre toute erreur.

» 2° Expériences. — *a. Expériences de culture.* — Les divers liquides de culture (peptones, bouillons de poisson, bouillons de poulpe) étaient placés dans des matras Pasteur et stérilisés à l'étuve. Nous y avons introduit, à l'aide de pipettes également stérilisées, de minimes quantités de sang ou de lymphe, ou de liquide péricardique, etc., pris sur les poissons vivants qui, pêchés récemment, étaient ouverts avec des instruments rougis à la flamme Bunsen. Soixante expériences, effectuées dans ces conditions, ont confirmé les résultats de l'observation directe; car, dans ces soixante expériences, nous avons constaté que les diverses parties de l'organisme des poissons renfermaient des germes qui se développaient dans nos ballons.

» Les organismes révélés par les cultures ont été, en grande majorité, des *Bacillus*, en général uni- ou bicellulaires, parfois multicellulaires et fusiformes. Dans quelques cas, la culture a donné des sphères hyalines paraissant mobiles, plus grosses que les spores des bâtonnets, d'un aspect différent des formes communes et distinctes aussi des psoro-spermies.

» Dans les liquides où nous avions observé des *Bacillus*, il nous est arrivé de ne plus les retrouver au bout de quelques semaines. Il ne restait plus

---

([1]) Le liquide lymphatique de ce Congre contenait beaucoup de microbes.

que leurs spores. Celles-ci, ensemencées de nouveau, ont produit des *Bacillus* semblables aux premiers.

» Notons que l'ensemencement comparatif de nos liquides par les germes atmosphériques a donné des *Bacillus* moins effilés et beaucoup plus agiles.

» *b. Expériences d'occlusion.* — Nous avons plongé dans la paraffine, fondue à 120° et à 140°, tantôt des poissons tout entiers avec tube digestif, tantôt des fragments de poissons, sans tube digestif, tantôt des parties profondes du corps, sectionnées avec des instruments rougis. Après solidification, la paraffine était enduite de plusieurs couches de collodion et de baume de Canada. Les tissus ainsi protégés contre l'ensemencement atmosphérique ont tous, sans une seule exception, présenté, au bout de plusieurs semaines, un développement extrême de microbes. Ces microbes, tout à fait comparables à ceux que l'observation directe et les cultures nous avaient montrés, ne sont pas les microbes de la putréfaction; car les chairs de poissons ainsi conservées, malgré le fourmillement des organismes, n'avaient aucune odeur fétide ([1]).

« Un Congre très vivant, venant d'être péché, fut tué par l'éther et ouvert avec des ciseaux rougis. Son foie, coupé avec des ciseaux rougis, fut rapidement plongé dans de la paraffine fondue à 140°. La paraffine, qui formait, après solidification, une couche épaisse de plusieurs centimètres tout autour de ce fragment de tissu, fut recouverte de collodion et de baume de Canada. Trois semaines après, le foie contenait des myriades de petits *Bacillus* courts et mobiles; mais il avait encore l'odeur du poisson frais. »

» Exposés aux germes de l'air, après une occlusion de plusieurs semaines dans la paraffine, les tissus se sont corrompus en exhalant une odeur putride. Toutefois la putréfaction ne s'est développée alors qu'avec une extrême lenteur.

» En résumé, ces recherches, qui, soit près de la Méditerranée, soit près de la Manche, ont porté sur cent cinquante poissons environ, divers de genre et d'espèce, permettent de généraliser le fait du parasitisme végétal chez les poissons, fait tellement constant qu'il nous est difficile de ne pas le considérer comme normal. Nous avons établi que, chez les poissons, des microbes existent dans le sang et dans la lymphe, contrairement à ce qui est admis pour les autres Vertébrés. Nous nous proposons de rechercher le mode de pénétration de ces parasites et leur influence sur les fonctions vitales. »

---

([1]) Ces organismes, après culture, ont pu être injectés dans le péritoine d'un cobaye et dans les muscles d'un autre cobaye, sans provoquer le moindre accident.

PHYSIOLOGIE. — *Sur le temps de réaction des sensations olfactives.* Note de M. BEAUNIS. (Extrait.)

« On sait qu'on a donné le nom de *temps physiologique*, ou *temps de réaction*, au temps qui s'écoule entre le moment où se produit l'excitation sensitive et le moment où la personne en expérience indique, par un signal, qu'elle a perçu la sensation. La durée du temps de réaction a été mesurée pour les excitations auditives, tactiles, visuelles, gustatives. Jusqu'ici aucune recherche de ce genre n'a été faite pour les excitations olfactives : c'est cette lacune que j'ai essayé de combler.

» Toutes les expériences ont été faites sur moi-même, dans le Laboratoire de Physiologie de la Faculté de Médecine de Nancy, pendant les mois de décembre 1882 et janvier 1883.

» Voici, en centièmes de seconde, la durée moyenne du temps de réaction, pour les substances qui ont été expérimentées.

| | Centièmes de seconde. |
|---|---|
| Ammoniaque | 37 |
| Acide acétique | 46 |
| Camphre | 50 |
| Assa fœtida | 52 |
| Sulfure ammonique | 54 |
| Chloroforme | 56 |
| Sulfure de carbone | 59 |
| Valériane | 60 |
| Menthe | 63 |
| Acide phénique | 67 |

» Pour le musc, il m'a été impossible, malgré mes tentatives réitérées, de préciser nettement le moment de la perception olfactive.

» Les chiffres précédents montrent que le temps de réaction des sensations olfactives est plus long que celui des sensations tactiles, visuelles et auditives. Chez moi, il est plus court que celui des sensations tactiles [1]. »

[1] Lorsque j'ai rédigé cette Note, je croyais qu'il n'avait été fait encore aucune recherche sur le sujet dont il s'agit. Je viens de recevoir de M. le Dr Buccola, de Turin, une brochure extraite de l'*Archivio italiano per le malatie nervose* (fasc. VI, 1882) et datée du mois de decembre dernier. Dans ce travail, dont aucune analyse n'a paru, à ma connaissance, dans les recueils français ou étrangers, M. Buccola est arrivé, avec des moyens instrumentaux différents et en employant d'autres substances, à des résultats qui concordent, sur la plupart des points, avec ceux que j'ai obtenus.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la respiration des plantes aquatiques ou des plantes aquatico-aériennes submergées;* par M. A. BARTHÉLEMY.

« Dans un travail qui date déjà de plusieurs années ([1]), j'ai fait voir que les plantes aquatiques dans les conditions normales ne rejettent pas de gaz au soleil : c'est seulement dans des circonstances accidentelles qu'on peut voir se dégager des bulles gazeuses, qui n'ont aucun rapport avec l'acte respiratoire et dont le nombre ne pourrait servir de mesure à l'énergie respiratoire. J'ai poursuivi ces recherches, et je suis arrivé à des résultats que je demande à l'Académie la permission de résumer :

» 1° *Plantes aquatiques.* — Les plantes complètement aquatiques, placées dans une cloche contenant une certaine quantité d'air, absorbent peu à peu l'oxygène et font une véritable analyse volumétrique de ce gaz.

» 2° *Plantes aquatico-aériennes, submergées dans l'eau chargée d'acide carbonique.* — Des Nymphéacées, végétant dans une cuve profonde, donnent des feuilles submergées qui contiennent des gaz puisés par les racines et circulant dans des canaux spéciaux. L'une de ces feuilles a été *arrosée* d'eau chargée d'acide carbonique, à l'aide d'un entonnoir immergé et communiquant avec un réservoir d'eau gazeuse : la feuille n'a point rejeté d'oxygène; mais, au bout de plusieurs jours, elle est devenue jaune et transparente et a cessé de croître; les tissus intérieurs présentent des modifications remarquables.

» 3° *Feuilles aériennes, submergées dans l'eau chargée d'acide carbonique.* — Une feuille de Nymphea, dont le pétiole pénètre sous une cloche, est exposée au Soleil dans l'eau chargée d'acide carbonique : elle produit un remarquable dégagement d'oxygène, d'abord mélangé d'azote, puis très pur et complètement absorbable par le phosphore.

» Le dégagement, d'abord abondant, cesse au bout de deux ou trois jours; dans les circonstances les plus favorables, il peut donner jusqu'à $1^{lit}$ au bout de trois heures d'exposition au soleil. Le dégagement augmente avec la température de l'eau, jusqu'à un maximum qui ne dépasse pas 35°. Des déchirures pratiquées sur la surface épidermique arrêtent le dégagement, la solution d'acide carbonique tuant le protoplasma vert.

» Si l'on réunit les pétioles de deux feuilles par un tube de caoutchouc

([1]) *Comptes rendus,* 1877, et *Ann. de Chim. et de Phys.,* 1878.

et qu'on les plonge dans l'eau gazeuse, il n'y a plus de dégagement d'oxygène.

» Je crois pouvoir conclure de mes expériences que la dissociation de l'hydrate d'acide carbonique par les plantes submergées s'arrête à une tension déterminée, dans une feuille normalement fixée à la tige, et que l'oxygène circule dans les méats et est absorbé peu à peu, tandis que le produit amylacé ou cellulosique s'organise de son côté. Le dégagement devient continu, au contraire, dans la feuille détachée et canalisée, qui agit comme une cornue munie d'un tube de dégagement.

» Il me paraît évident que l'hydrate carbonique doit pénétrer par la surface cuticulaire, l'existence d'une couche d'air à la surface de la feuille ne pouvant pas être démontrée pour les Nymphéacées et des ouvertures accidentelles arrêtant le phénomène.

» Je ferai remarquer, de plus, que le dégagement présente toutes les allures d'une *véritable fermentation*. Des organismes élémentaires pourvus de chlorophylle et *exodynames* reçoivent à travers la cuticule l'hydrate d'acide carbonique ou peut-être un polymère : à l'aide de la lumière, ces *éléments exodynames* dissocient l'acide carbonique hydraté en matière cellulosique et en oxygène. Cette assimilation de la fonction chlorophyllienne à la fermentation est encore justifiée par l'étude de la respiration des organismes verts élémentaires et, en particulier, de l'*Euglena viridis*.

» Les feuilles de *Nelumbium* se conduisent tout autrement que celles des Nymphéacées. Ces feuilles retiennent une forte couche d'air condensée, grâce aux papilles cuticulaires dont leur surface est pourvue, de sorte que la dissolution carbonique n'est pas en contact avec la cuticule; aussi, aucun dégagement ne se produit par le pétiole, qui est cependant fortement canalisé; mais de grosses bulles gazeuses s'étendent à la surface de la feuille et se dégagent, après avoir tracé un sillon argenté le long de la couche d'air.

» Deux feuilles de *Nelumbium* ont été réunies par un tube de caoutchouc et placées, l'une au soleil et l'autre à l'ombre; cette dernière n'a point laissé échapper de gaz, contrairement à la théorie de la thermo-diffusion, lorsque la pression extérieure est la même. Si l'on frotte la feuille sous l'eau avec une brosse douce, la couche d'air se dégage et l'on peut obtenir alors un dégagement d'oxygène par le pétiole.

» Les Pontédériacées, dont les appareils de diffusion intérieure sont des chambres cloisonnées et dont les cloisons sont garnies de méats, ne donnent

aussi qu'un faible dégagement, soit par le pétiole, soit par la surface du limbe.

» Enfin, j'ai pu faire végéter, dans l'eau *distillée* et dans des appareils complètement fermés, des jacinthes, tulipes, colchiques, etc., par une méthode spéciale dans laquelle l'oignon n'est point en contact avec le liquide et n'est arrosé que de temps en temps. Dans ces conditions, la plante ne rejette pas de gaz, bien que la végétation et la floraison soient souvent très belles; la nutrition doit ici se faire par les réserves accumulées dans l'oignon, puisque les parties vertes ne reçoivent pas d'acide carbonique.

» Les études dont je viens de donner un aperçu m'ont permis de conclure que les expériences que l'on donne aujourd'hui pour preuve et pour mesure de la fonction chlorophyllienne ne sont que des phénomènes exceptionnels, provoqués par le mode d'expérimentation; dans les conditions normales, la respiration spéciale des organes verts ne peut avoir l'importance cosmique qu'on lui attribue. »

BOTANIQUE. — *Note sur la nature morphologique des rameaux aériens des* Psilotum *adultes*. Note de M. C.-Eg. Bertrand, présentée par M. Duchartre.

« Bien que très semblables en apparence, les rameaux aériens des *Psilotum* adultes ont des valeurs morphologiques très différentes. On peut y distinguer :

» 1° Des rameaux aériens de premier ordre dits *rameaux-souches* ou *cladodes-souches;*

» 2° Des rameaux aériens de $2^{\text{ième}}$, $3^{\text{ième}}$, ..., $n^{\text{ième}}$ ordre ou *cladodes* de $2^{\text{ième}}$, $3^{\text{ième}}$, ..., $n^{\text{ième}}$ ordre;

» 3° Des rameaux terminaux ou *cladodes terminaux;*

» 4° Des *branches simples aériennes;*

» 5° Des rameaux sporangifères ou *cladodes sporangifères*.

» Les rameaux-souches résultent du développement de la partie antérieure des cladodes aériens de la griffe. Ils sont caractérisés par un cône végétatif à plusieurs centres de formation qui produit à sa périphérie des *appendices très grêles*. Ces appendices ou frondes sont dispersés ultérieurement parce que les régions intranodales qui les séparent sont le siège d'un grand accroissement intercalaire longitudinal. La surface des rameaux-souches est lisse, verte et couverte de stomates supérieurement, blanche,

sans stomates inférieurement. Cette surface présente des crêtes obtuses le long desquelles sont localisées les frondes.

» Les frondes sont solitaires. Toutes ensemble paraissent disposées sur une hélice irrégulière dextre. Sur les cladodes-souches à développement sympodique, les sommets des branches faibles du cladode sont indiqués par deux frondes contiguës, coalescentes à leur base. Le cône végétatif des cladodes-souches se bifurque de très bonne heure, avant l'accroissement intercalaire de ses régions intra-nodales antérieures.

» Les branches de bifurcation des cladodes-souches sont les rameaux de second ordre. Ceux-ci sont encore des cladodes aériens, leur cône végétatif ayant tous les caractères des cônes végétatifs antérieurs des cladodes-souches. L'élongation des cladodes de second ordre se fait de la même manière que l'élongation de la partie antérieure des cladodes-souches. La surface des rameaux de second ordre est semblable à la surface de la partie antérieure des cladodes-souches, le nombre de ses crêtes obtuses étant moindre ou au plus égal à celui du cladode-souche.

» Les crêtes du cladode-souche se continuent sur ses rameaux de second ordre. Le cône végétatif des cladodes de second ordre se bifurque de très bonne heure avant toute élongation intercalaire. Les branches de bifurcation des rameaux de second ordre sont les rameaux de troisième ordre. On répéterait pour les rameaux d'ordre 3 ce que j'ai dit pour les rameaux d'ordre 2 en changeant 2 en 3 et 1 en 2. On pourrait continuer ainsi de 3 jusqu'à $n$. Plus l'ordre d'un rameau aérien est élevé, plus son développement régulier tend à devenir sympodique. La section transversale des rameaux aériens d'ordre un peu élevé est triquètre chez le *Ps. triquetrum*, irrégulièrement elliptique aplatie chez les *Ps. flaccidum, complanatum*.

» Les rameaux aériens terminaux sont des cladodes aériens d'ordre quelconque dont le cône végétatif s'est éteint.

» Quand l'extrémité de quelques branches simples constituantes d'un cladode aérien à développement sympodique s'allonge au delà du point où elles se séparent de ce cladode, il en résulte, le long de ce cladode aérien, de petites branches simples aériennes. Ces branches simples aériennes sont caractérisées par un cône végétatif à un seul centre de formation qui s'éteint de très bonne heure, après avoir produit quelques petites frondes. Lorsqu'une branche simple aérienne porte plus de deux frondes, ces frondes y sont distribuées comme chez les Sélaginelles, savoir : une est antérieure droite, une autre est postérieure gauche, une autre est antérieure gauche, une quatrième postérieure droite. Je n'ai jamais vu plus

de quatre frondes sur une branche aérienne simple. Lorsque, comme c'est le cas ordinaire, la face antérieure de la branche simple demeure coalescente avec la surface du cladode support, les frondes antérieures font défaut. Il ne reste plus des appendices de la partie libre de la branche simple que ses deux frondes postérieures, rendues contiguës et coalescentes à leur base. Entre ces deux frondes contiguës coalescentes et la surface du cladode on trouvera toujours un cône végétatif éteint.

» Les rameaux sporangifères ne sont autre chose que des cladodes aériens à développement sympodique, qui portent des sporanges. Un sporange de *Psilotum* résulte de la transformation du sommet d'une branche simple aérienne, qui vient émerger sur les flancs d'un cladode sporangifère. L'appareil sporangial des *Psilotum* comprend donc en définitive : 1° un cladode sporangifère qui sert de support commun à plusieurs sporanges; 2° un certain nombre de pédicelles très courts dont chacun représente une branche simple aérienne. Chaque pédicelle porte un sporange triloculaire et deux frondes sporangiales contiguës coalescentes à leur base. Des trois loges d'un sporange de *Psilotum* deux sont latérales, la troisième est médiane; toutes trois s'ouvrent par une fente supérieure médiane. Ces trois fentes convergent au sommet du sporange. Les sporanges des *Psilotum* diffèrent donc de tous les sporanges des autres Cryptogames vasculaires par leur forme et par leur position.

» Les rameaux aériens des *Psilotum* ne portent pas de racine. Il ne s'y produit jamais de bourgeon adventif endogène ou exogène. Si l'on essaye de bouturer la plante au moyen de ses rameaux aériens, ceux-ci meurent sans reprendre. »

MÉTÉOROLOGIE AGRICOLE. — *Influence de la température sur la production du blé.* Note de M. **Duchaussoy**, présentée par M. Hervé Mangon.

« Le n° 24 (11 décembre 1882) des *Comptes rendus* renferme une Note intéressante de M. Eugène Risler sur la végétation du blé. Cette Note prouve certainement l'influence de la température, puisque, d'après M. Risler, *les deux plus fortes récoltes*, $34^{\text{hlit}}$ *à l'hectare en* 1868-1869 *et* $36^{\text{hlit}}$ *en* 1873-1874, *correspondent aux plus fortes sommes de température,* 2214° *et* 2317°.

» Je suis arrivé aux mêmes conclusions par une méthode différente,

comme je l'ai indiqué dans une brochure intitulée : *La Météorologie à Bourges, d'après quinze ans d'observations.*

» Le Tableau ci-dessous donne pour dix années (1872-1881) le rendement en blé dans le département du Cher, et la température moyenne du printemps et de l'été; ces années sont placées dans l'ordre décroissant du rendement.

| Années. | Rendement moyen du Cher. | Température moyenne du printemps. | Température moyenne de l'été. |
|---|---|---|---|
| | hlit. | o | o |
| 1874 ............ | 18,5 | 11,1 | 20,1 |
| 1875 ............ | 15,8 | 12,0 | 19,7 |
| 1872 ............ | 15,7 | 11,3 | 19,7 |
| 1877 ............ | 15 | 9,1 | 18,4 |
| 1876 ............ | 14,3 | 10,6 | 20,8 |
| 1878 ............ | 14 | 10,8 | 18,3 |
| 1881 ............ | 14 | 8,8 | 18,2 |
| 1879 ............ | 12,1 | 7,1 | 17,6 |
| 1873 ............ | 9,7 | 10,8 | 21,3 |
| 1881 ............ | 8,3 | 8,5 | 18,1 |

» En exceptant les années 1876 et 1873, l'influence de la température sur le rendement du blé est manifeste; l'échelle descendante du rendement est à peu près celle de la température moyenne de l'été. Cette influence se voit encore mieux si l'on dispose les années en séries, de la manière suivante :

| | | Hectolitres. | Température moyenne. Printemps. | Température moyenne. Été. |
|---|---|---|---|---|
| | *Première série :* | | | |
| 1874. 1875. 1872. | Rendement moyen....... | 16,7 | 11°,5 | 19°,3 |
| | *Deuxième série :* | | | |
| 1877. 1876. 1878. | Rendement moyen....... | 14,4 | 10,2 | 19,2 |
| | *Troisième série :* | | | |
| 1881. 1879. 1873. | Rendement moyen... ... | 11,9 | 8,9 | 19 |
| 1880. | Rendement à l'hectare... | 8,3 | 8,5 | 18,1 |

» Le faible rendement de l'année 1873, qui a une température estivale de 21°,3, est dû certainement à la sécheresse de l'été. En juillet, on n'a eu

que 25$^{mm}$ de pluie au lieu de 57$^{mm}$, et 21$^{mm}$ en août au lieu de 54$^{mm}$. L'exception concernant l'année 1876 s'explique également : il n'y a eu que trois jours de pluie en juillet, n'ayant donné que 12$^{mm}$,5 d'eau. »

A 4 heures un quart, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 5 heures.

J. B.